

工業災害及污染控制方法的研討

馬文松*

一、工業災害與全民生活的關係

1. 檢討最近發生的幾個重大工業災害

工業災害與工業污染有一體兩面、因果相循的關係，工業災害往往因其所造成的污染未經適時控制而起，而工業災害又往往形成新的污染，災害是污染急性的表現，而污染又是災害的潛在因子。

最近海山及煤山煤礦的災變，引起了社會廣泛的震驚，這兩次的災變，造成了一百多人的死亡，20餘人重傷，據海山煤礦估計損失在1億元以上，煤山的損失也不會少於此數。

表一 列出了四月以來所發生的幾個重大災害。

日期	4/5	5/25	5/28	6/20	7/10
災廠	中壢 艾力公司	R C A 園	臺時代大飯店	海煤	煤山 礦
損失	二千萬	三千萬	？	一億以上	一億以上
死亡	—	—	19	73	103
受傷	—	—	46	—	22

①先是中壢工業區的艾力公司廠房起火，因廠內堆滿易燃物，灌救無效，損失約2千萬。

②再是桃園RCA之廢料堆積場起火，涉及鄰居的塑鋼廠，總計損失3千萬元，當時有2千名夜班工人正在上班，幸好廠內有秩序疏散，沒有造成傷亡。

③繼則是臺北的時代大飯店火災，因為在設備不當地方設廚房，而大樓內消防設備無效，安全門被封鎖，不但建築全毀，尚造成19人死亡及46人輕重傷。

④再則是海山煤礦的強烈災變，由於臺車脫軌，撞及電氣開關，發生火花引起煤塵爆炸並造成落盤，竟造成74人活埋礦坑的大悲劇。

⑤再接著是煤山煤礦因空氣壓縮機電線起火，引燃地面潤滑油着火，乃至火勢一發不可收拾，造成125人被困20餘小時，最後造成103名死亡22名重傷。

這麼多件悲慘的災變，在這麼短時間內發生，實不容我們不立即徹底檢討，尋求對策。

*國立清華大學工業工程學系客座專家

2. 工業災害造成的經濟負擔

勞工安全衛生法到今年恰恰實施了十年，從勞工司及勞保局的統計資料，讓我們做一個簡單分析。

表二、表三、表四⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾分別列出因工災害最嚴重的三個行業最近六年來的統計：其中：

表二 歷年來礦業勞工因工災害人件次統計分析

年 別	平均投保人數	因工災害千人率				
		合 計	傷 害	殘 廢	死 亡	
六十七	44,247	(134.41) 140.08	(117.00) 122.03	(15.49) 15.90	(1.92) 2.14	
六十八	40,967	(123.66) 126.58	(106.01) 108.45	(15.70) 15.93	(1.95) 2.19	
六十九	39,849	(111.14) 116.94	(94.20) 99.10	(13.88) 14.30	(3.06) 3.53	
七十	38,492	(103.53) 108.96	(88.85) 93.45	(11.98) 12.55	(2.70) 2.96	
七十一	35,926	(113.17) 120.28	(97.39) 103.27	(13.14) 14.03	(2.61) 2.98	

註：表中括弧內數字係工作場所發生之件數及千人率

資料來源：內政部勞工司

表三 歷年來製造業勞工因工災害人件次統計分析

年 別	平均投保人數	因工災害千人率				
		合 計	傷 害	殘 廢	死 亡	
六十七	1,189,527	(5.91) 6.98	(3.78) 4.67	(1.99) 2.05	(0.14) 0.26	
六十八	1,309,775	(6.52) 7.57	(4.24) 5.14	(2.14) 2.19	(0.11) 0.24	
六十九	1,422,870	(6.53) 7.85	(4.29) 5.37	(2.11) 2.17	(0.13) 0.30	
七十	1,600,587	(6.00) 7.38	(3.93) 5.07	(1.95) 2.00	(0.12) 0.30	
七十一	1,630,703	(6.09) 7.62	(4.15) 5.46	(1.82) 1.88	(0.12) 0.28	

備註：表中括弧內數字係工作場所發生之件數及千人率

資料來源：內政部勞工司

表四 歷年來營造業勞工因工災害人件次統計分析

年 別	平均投保人數	因 工 災 害 千 人 率			
		合 計	傷 害	殘 疾	死 亡
六十七	62,223	(9.74) 11.53	(7.65) 9.03	(1.45) 1.57	(0.64) 09.3
六十八	66,453	(9.71) 11.06	(7.92) 8.95	(1.23) 1.32	(0.50) 0.78
六十九	81,100	(9.33) 11.31	(7.79) 9.27	(1.02) 1.15	(0.52) 0.88
七十	119,333	(6.18) 7.37	(4.73) 5.62	(0.93) 0.97	(0.52) 0.78
七十一	111,248	(6.87) 8.76	(5.63) 7.06	(0.76) 0.85	(0.48) 0.85

備註：表中括弧內數字係工作場所發生之件數及千人率

資料來源：內政部勞工司

	平均災害千人率	誤 差
①礦業	122.6人／千人±11.67	9.5%
②製造業	6.21人／千人±0.29	4.7%
③營業業	8.37人／千人±1.7	20%

最近七年來可以說並沒有什麼進步，而礦業則始終保持在驚人的十分之一的數字。

表五、表六⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 分別將礦業（災害率最高）及製造業（受僱人數最多）的兩行業在民國七十年的災害類型分析。

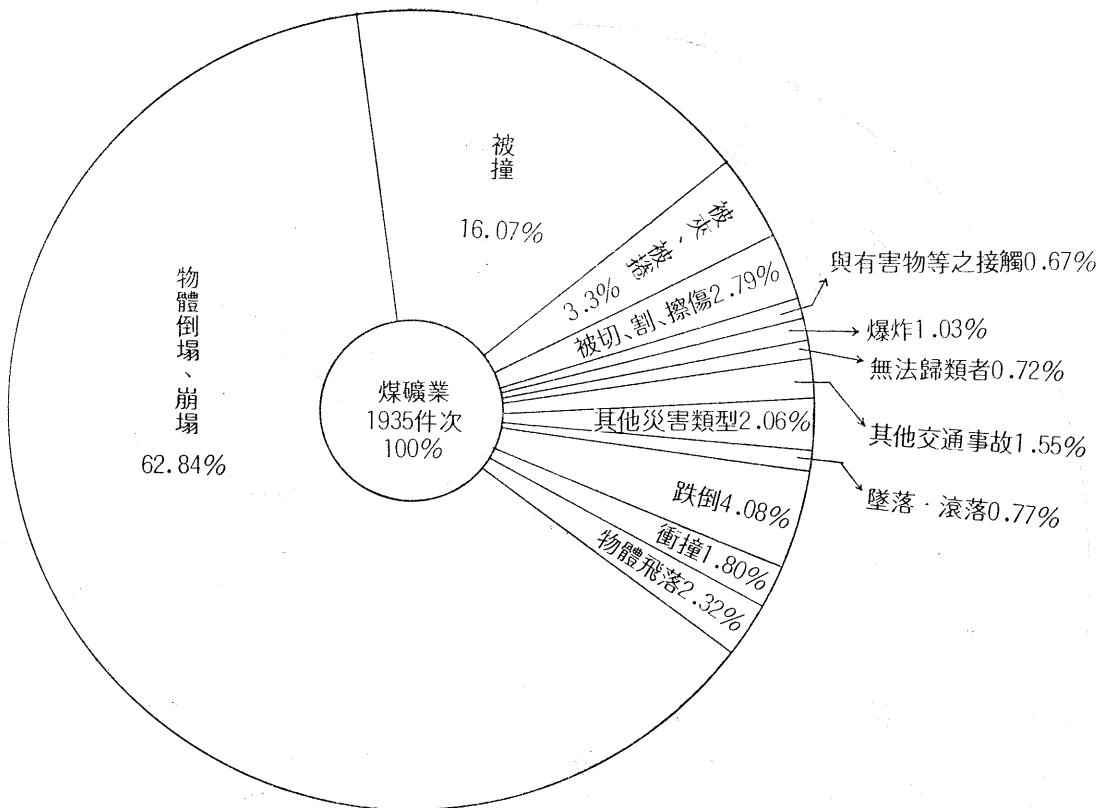
以礦業而言，在抽樣 141 家事業單位中全年災害發生次數共達 1935 件次，也就是平均每年發生 13.7 次，即是每個月平均一次有餘，其中更令人痛心的是：

物體倒塌崩塌	62.84%
被 撞	16.07%
物 體 飛 落	2.32%
被 夾 被 捲	3.3 %
切 割 擦 傷	2.79%
	87.32%

而最令人言之色變的爆炸及有害物接觸反而僅佔 2%。

製造業，在抽樣 7,212 家事業中，全年災害發生率是 9,638 次，亦即是平均 1.3 次，也即每家都有事故發生，其中 75% 的損失是因為工業安全衛生的防範，及安全衛生教育沒有做好所致，製造業是本省最大的行業，因為防護器具的不善或安全教育的疏忽，每年使 1 萬個人受傷，其中三分之一因而殘廢。

表七是民國七十一年臺灣地區因工災害的損失，其中，因工失日竟達 9,000 人年，也就是一個中鋼全年不能生產的意思，而以上僅是就勞保局保險給付計算而已，如計算國家損失



表五⁽⁴⁾ 七十年職業災害統計煤礦業災害類型分析

資料來源：內政部勞工司

備註：抽樣141 家事業單位全年災害1935件次

，則殘廢及死亡之員工終生不能再工作，以最保守的計算，以七十一年為例，即達190億NT（表八）。七十一年的全國的生產是一萬八千九百八十八億，亦即1%的總生產。我國在全民的努力下，今年的成長率預定為8%，亦即八分之一就這樣無聲無息的消失了，可見工業安全衛生問題在我國經濟結構中的潛在重要性。

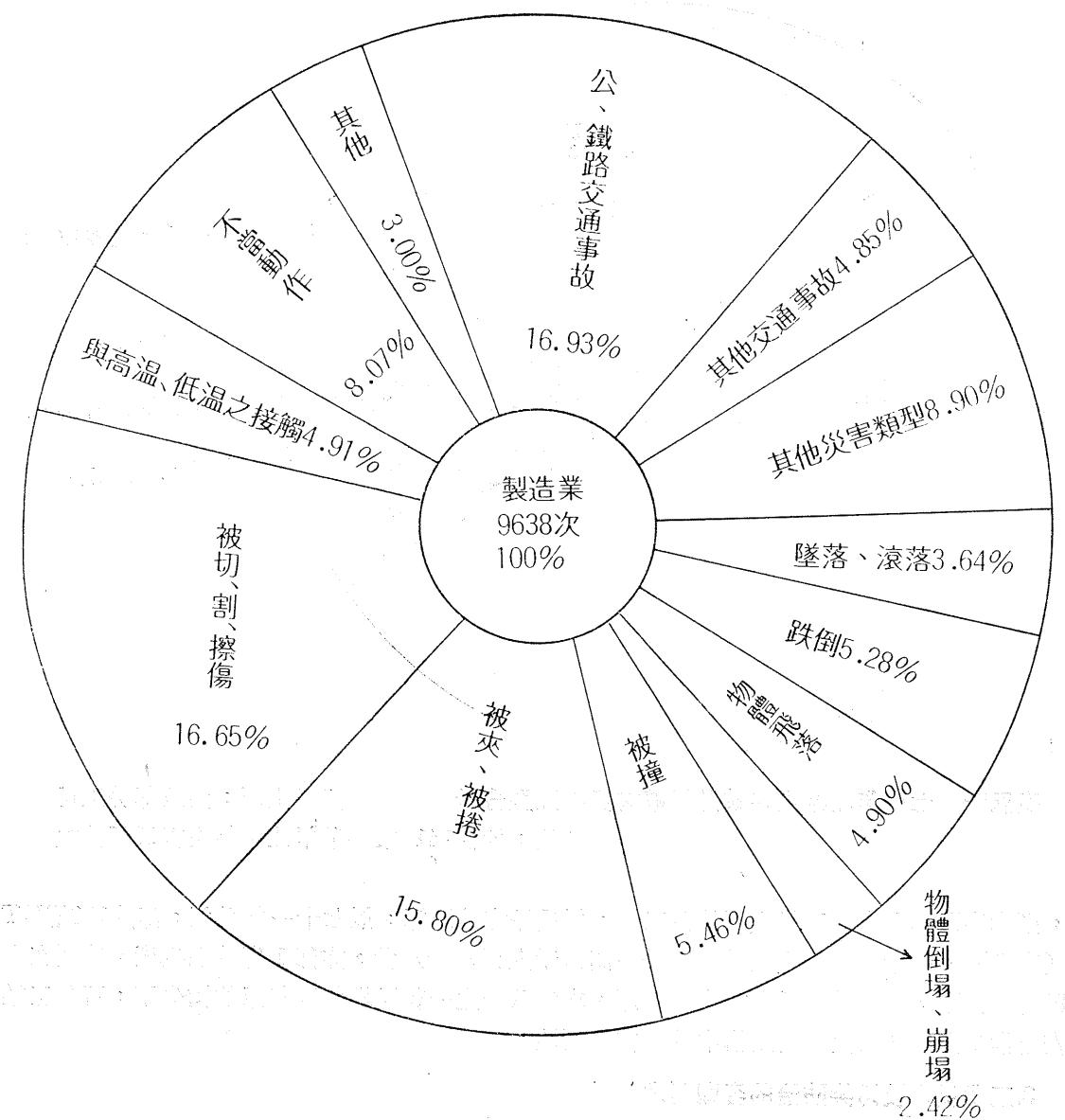
3. 工業災害及污染防治的客觀要求

安全好像一種急性的病，發生的時候驚心動魄，但因為不是天天發生，往往存著僥倖的心理，希望自己沒這麼倒霉，衛生與污染有密切的關係，它像慢性病是無形殺手，在不知不覺中奪取您的健康，而且形成的面很廣。我們工作是為了要享受我們辛勤的成果，如果沒有生命，沒有健康則何談其他，所以富貴固我所欲，長命更不可少！

工業安全與污染控制，對企業來講是切身問題，因為。

①這是時代的潮流，是人民的需求——健康安全的工作環境是全世界所有工作人員一致的要求，我們不可能例外！更何況臺灣經濟結構特殊，勞工佔全體人口的三分之一，且工廠與住宅區的混雜，故工作場所的安全健康問題亦即全民的安全健康問題。

②政府的法令，不由得你不做——新竹化工，李長榮化工廠，臺金禮樂鍊銅廠等等幾個



表六⁽⁵⁾ 七十年職業災害統計製造業災害類型分析

資料來源：內政部勞工司

被勒令停工的工廠，乃至最近海山、煤山煤礦所引發的礦業問題便是榜樣。

③關係到企業本身的利害——公共關係，社會責任及成本計算都不得不注意。

所以基於以上的因素，災害及污染控制的工作已不是做不做的問題，而是如何做的問題！工業界不應站在被動的地位，以挨打、抵抗的姿態出現，反之，為本身的利害計，應以主動的姿態來謀求解決之道。

表七 七十一年各業因工災害損失

十一年	職業災害	職業疾病
因工失日 ⁽⁶⁾	3,290,252	161,387
保險給付 ⁽⁶⁾	974,088,744	39,881,561
生產損失	3,089,415,019	151,535,938
總計	4.25×10^9 佔總產量0.227% 總損失9,014人年	

相當於每千人即有三人因工受災全年不能工作

資料來源：勞保局

表八 七十一年各業勞工職業災害總計

件數	傷病	殘廢	死亡
325,453	16,083	4,150	1,234

殘廢+死亡=5,384人

勞工平均年齡=27.15歲

損失服務年限30年

每年損失120,000元

每年生產損失19,382,400,000元

即190億NT

二、推動工業災害及污染防治的要領

要想在災害及污染防治的工作上，達到立竿見影的效果，首先，我們必須解開兩個結：一是觀念的結，一是管理的結。

(一) 觀念的革新

1. 經濟的負擔：以往我們不願做工業災害及污染防治的工作，因為要花錢，會增加經濟負擔，這我想用兩個例子來說明。

①一件事怎樣才算做完？

貴府上每天開飯，您是以爲煮飯的工作只是買菜、洗菜、煮菜。

開上桌子就成了嗎？吃完飯還應不應當收碗、清洗、掃地呢？

任何一件工作，都必須包含最後的清理工作在內才算完成，清理既是完成一件工作的一部份，則是必須完成的部份，根本不容討價還價。

②價值觀念的改變

例如以房屋造價而言

睡房和客廳平均	14,000／坪
廚房	23,000／坪
廁所	28,000／坪

從前廚房最便宜，只要一隻爐子放在地上即可；其他洗菜、切菜，全部在地上，但現在我們認為流理臺是必須的，還要水槽，抽油煙機等等。廁所呢，從前的房子，挖一個洞就成了，二十幾年前還是專靠水肥車。但現在沒有人懷疑抽水馬桶洗澡缸的重要，廚房和廁所的功用並未改變，但卻已變成享受的中心。製造的過程及環境，也可是健康愉快的！

2.一切災害均可預防，而預防災害是每一階層中，每一個人的責任。

瓦斯會爆炸——安全閥有沒有檢查？

——有沒有人在禁煙的地點抽煙？

災害的發生——易燃物放置的安全考慮？

通風設備有無效？

滅火的裝置是否有效？

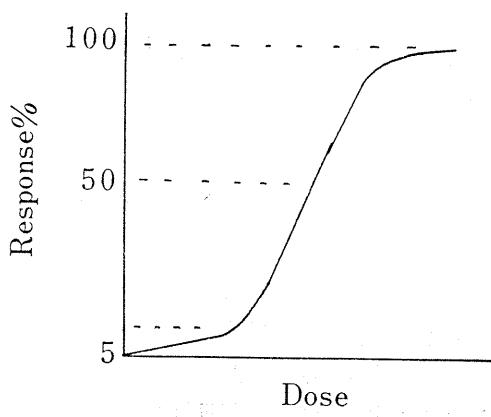
從總經理到作業員，人人都應警惕這件工作有如何潛在的危險，怎樣去預防。

3.一切物質如因其毒性引起災害則都與劑量有關。

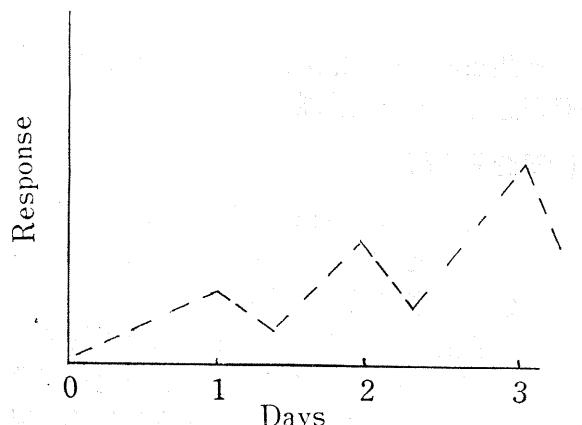
①毒性效應與劑量的關係

生物體，對有毒物質產生反應，都與其所受到的毒物的劑量有關，所謂劑量就是暴露量與暴露時間的剩積。

例如，在很高的一氧化碳濃度下，很短的時間就會中毒，甚至立即死亡。但如不太高，則要視中毒時間久暫而定其中毒深淺，如果很少很少，則身體經過新陳代謝的作用，亦可將有毒物質排出體外，而不受災害，圖一及圖二就分別說明毒性效應與劑量的關係以及人體自然的保護作用。



圖一 毒性效應與劑量之關係



圖二 毒性效應與體內積聚之關係

所以，也就是說最毒的東西如果暴露量低就沒危險，如果暴露量高就是平時安全的東西亦會造成災害，因而控制對人體的暴露量即可減少災害。

舉例來說，砒霜是毒藥，西門慶和藩金蓮毒死武大郎便是用的砒霜，但極微量的砒霜同時也是救命的神藥。例如黑人中有所謂簾刀血液病，(sickle cell anemia)，他的血球會連在一起，即無法吸氧，如服以少量砒霜即可使病情控制，又如控制癌病的藥及抗生素都有劇毒，如亂用則會致命。

同樣，毫無毒素的食鹽亦能致人以死命。

所以有毒的物質並不用害怕，只要了解毒性不使污染外洩，使人體的暴露量減到最低即可避免傷害。

(二)是管理的革新

1.企業經理人員的決心：以員工安全健康作為企業的首要責任。

——不安全的工作寧可不做！必定尋求一個安全，及對健康無礙的方式來進行工作。欲速則不達，許多災害的發生，往往因為趕時間，趕工作。

在品管的工作上，我人知道，不良品沒有價值，積體電路上的短路，往往造成整個機器的停工，同樣一個意外，所造成的直接間接損失往往是那件操作本身的數百倍。

* 例如倒翻了一些易燃物，沒有立即清理，想不到空氣中濃度增加，達到了燃燒極限，一個火花造成災害！

* 有毒、危險物質的處理，來不及戴安全用具，且冒險一次，往往因而造成雙重傷害！

* 沒有關電門，就行修理電器，結果造成走電死傷！

* 橡皮墊耗損，來不及換，造成有毒氣體的失漏，引起毒氣外洩，造成污染、傷害或意外災害。

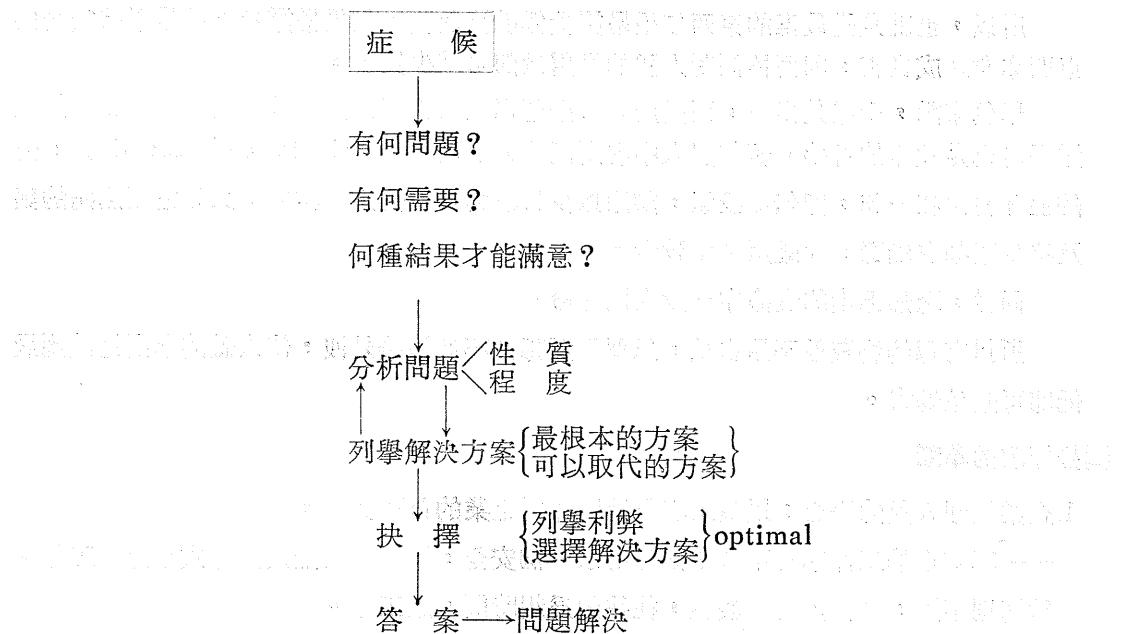
2.預防災害是每一層次，管理人員的職責，是工作的一部份：災害的發生即是未盡責任，因此工人沒有不用防護用具，不做安全檢查的自由，班長不能不盡督導的責任。只有作業員及班長最能看到危害的存在。

3.工業災害及污染所造成的損失，必須預估在成本之內：每一次災害的發生，以及污染造成的失誤，疾病，都造金錢損失，物料損失，及工時損失。這種損失是成本的一部份，所以必須加以預估。而安全及污染控制既是工作的一部份，則亦必須明列預算，計算在成本之內，不能算是附加成本。

4.用工程方法來解決工業災害及污染控制問題

安全及污染控制是工程問題，必須在設計、程序操作上來考慮污染（災害）的產生及控制。

對於任何一個污染（災害）問題，我們都首先以下面的程序來考慮。



在以上的過程中，最重要的是倒數第三項及第二項，一是有那些解決方案？方法中自然有利有弊，有效及成本須同時考慮，並且，尚須考慮風險的接受率 (Risk Acceptability)，二是抉擇，抉擇必須是 optimal，也即是最後的決定不一定是最理想的，但必須是 Acceptable。

污染及災害控制根據兩項觀念，①是沒有不可預防的災害，②是一切物質的毒性，都與劑量有關，所以預防到災害不致發生，控制到污染到對健康無妨才是我們的目標。

三、工業災害及污染產生的原因

工業災害及污染產生的原因大概可歸成三個原因，即由於所處的環境，或工作的方法，或個人工作的態度，現在分述如後：

1. 不安全的工作場所：

①原料產品，中間物以及廢棄物的堆存。

②機件本身的危險，例如：

- 刀口未設防護
- 有走電的可能
- 碎屑飛揚
- 漏失現象

③工具機械的排放

- 防護機件與人的交撞
- 池槽樓梯的防護等等

④重複來回的流程

⑤有毒物質的操作處理

- 可否以低毒性物質取代
- 可否以揮發性較低的物質取代
- 增加局部排氣裝置以控制毒氣
- 隔離裝置
- 個人防護設備

⑥防火及防災的設備

2.不正確的工作方法

- ①缺乏正確的指導
- ②捷徑：工人往往自以為是，採捷徑而忽略安全檢查，安全程序
- ③自作聰明，改變操作程序
- ④缺少意外發生時的相應措施及準備

3.馬馬虎虎的工作態度

馬馬虎虎漫不在乎的工作態度，在職業災害及工業污染的造成之中佔了60%的比率。

例如 1.在採光不足下工作

2.用具不合適

3.亂糟糟的現象 (poor house keeping)

- 危險物的亂置
 〈瓶蓋沒有蓋嚴——有機物倒在水槽中〉造成揮發到空氣中
- 濕滑的地板
- 不穩的階梯
- 不潔的 gashet
- 摩損的螺紋
 〈爆炸失漏〉
- 粉塵碎屑的堆積。
- 隨便或不當的清洗操作
- 溶劑揮發。
- 溶劑倒棄。
- 汚染物的棄置

所以控制污染，不一定花費很多錢。以上所舉的第二及第三項幾乎完全不用花費，第一項中也大部份屬於 Know How。

我們檢討表一中所列最近發生的幾件重大災害，幾乎無一不包括以上的錯失，實在令人痛心。

四、控制工業災害及污染的技術

要控制污染（災害）我們必須先了解有些什麼污染（災害）可能發生？而這些污染（災

害)的為害性究竟有多大？而我們又要怎樣才能解決！茲分述如下：

1. 覺察認識災害（污染）的存在：

如果災害或污染已經發生，要從可能發生的原因中去推究發生的地點，如果是預防性的，則應當從可能發生的物質、地點去防範，所以這階段應當：

- 詳列所有有關的有毒物質。
- 對工業程序，製作流程的仔細推究。
- 觀察工人操作的過程
 - 操作的時間
 - 操作的方法
 - 有無不當動作
- 觀察週遭的環境及設備。
- 廢棄物處理的合理及完善的程度。
Over do it ≠ better。過由不及！

2. 對災害（污染）的評估：

用物理，化學方法實際測定污染的存在及程度。不僅要定性，而且應定量。如隨便憶斷，不但不能解決污染，且更增加危險性。

3. 充分有效的控制：

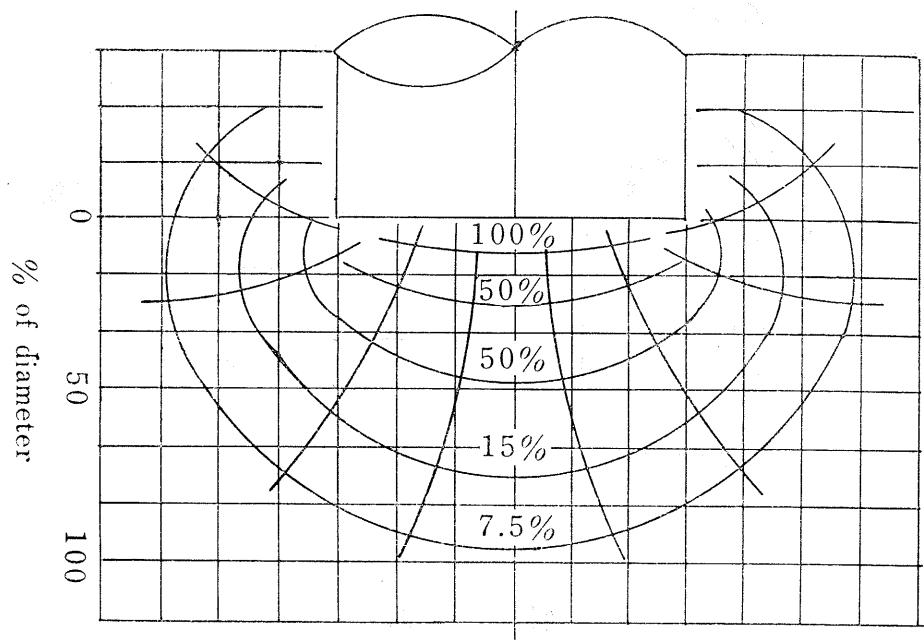
(Sufficient & Effective Control, acceptable Condition)

- ① 針對所觀察到的 Hazard 及 potential Hazard，詳列可行的解決方案。
- ② 比較利弊並訂出可否分施行的次序。
- ③ 技擇：選擇施行方案的標準，不一定是最期望的情形 (Most desirable Condition)，而是充分有效的狀況 (Sufficient and effective)。工業是營利機構，必須考慮成本效益。More 不一定是 better
- ④ 意外發生時的相應措施：

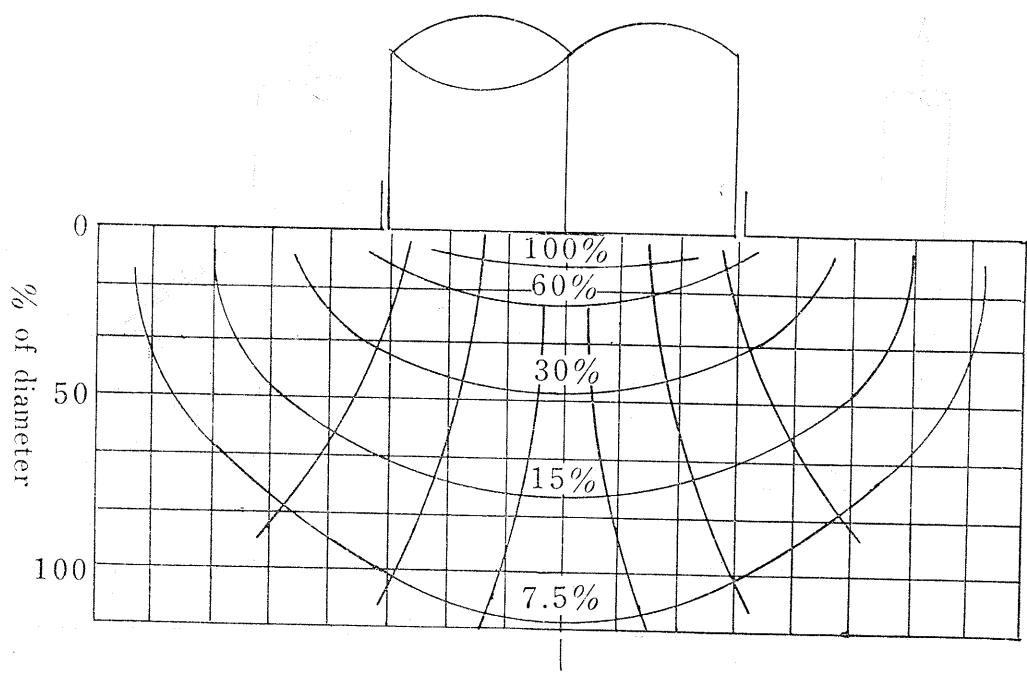
- 救災及防護設備的齊全。
- 人員的訓練。
- 員工對應急的準備。

圖三、圖四、圖五、圖六⁽⁸⁾，簡略說明怎樣使控制從無效變成有效，不但不必多花錢，甚至尚可節省能源費用。

圖三A所示的是一個抽風口的抽氣能力隨着距離急速減低，圖中表示在距離相當於半徑的地方，其抽氣效率已只剩原設計的50%，在距離相當於直徑的地方，其效率已只剩原有的7.5%，所以污染源必須越靠近抽氣口才能越有效控制污染。圖三B指出如在抽氣口裝置擋板，抽氣效率雖仍受距離限制，但抽氣的有效面積，則可從以抽氣口為直徑的圓面積增加到以擋板為直徑的圓面積，亦即以圖三B為例約增加7倍。

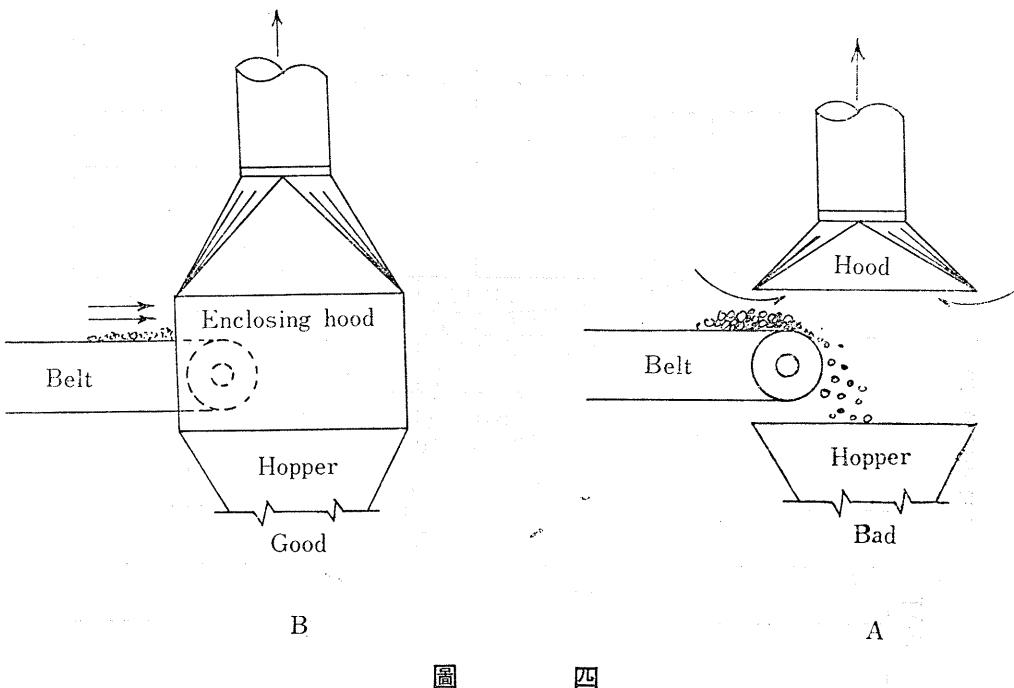


(A)



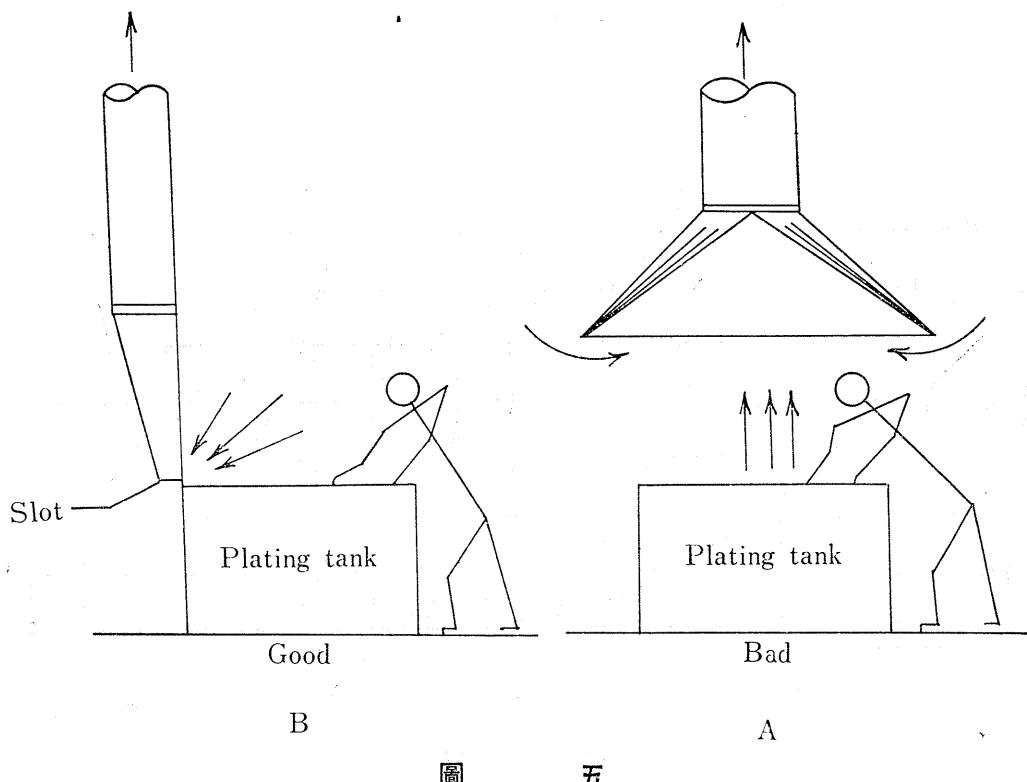
(B)

III



圖四

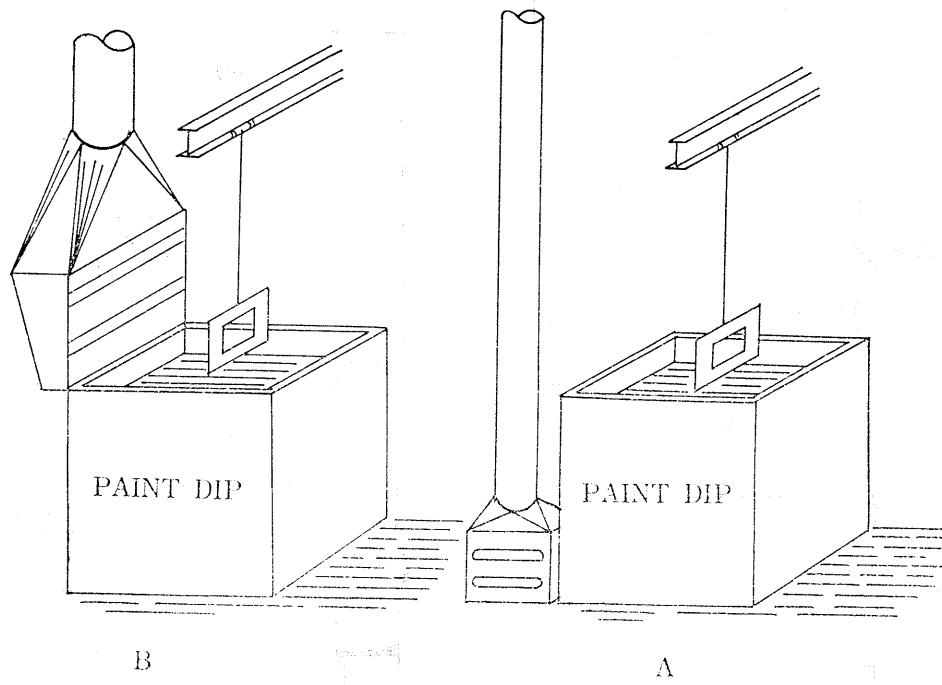
圖四A所示為一輸送帶將物料輸入 Hopper，而用覆蓋型氣罩來控制粉塵污染，但誠如圖三A所討論者，因產生粉塵之污染源距氣罩之吸氣口甚遠，其效率不佳，而且此時吸氣口



圖五

所吸之空氣如箭頭所示，為室內之一般空氣故為使粉塵能被吸入，必須加強吸氣量，用電量亦必高。同樣的裝置如改成圖四B所示，即在輸送帶之倒入口處加密閉裝置，如此則所有粉塵均被抽氣管吸去，且此時因所須吸取之空氣容量僅密閉罩內之空氣量，故用電量亦可節省。

圖五A所示為電鍍槽上所加之覆蓋型氣罩，不但如前所述效果不彰，且因為槽液之蒸氣因抽氣而加速蒸發，蒸氣上升時經過作業員之呼吸帶，實際上可能及使作業員之暴露量增加。反之如將氣罩換裝成圖五B之裂縫型，則因氣口靠近槽面，抽氣效果增加，欲抽之氣量減少，且蒸氣抽取方向遠離作業員之呼吸帶，故可減少乃至於避免作業員對毒性氣體之暴露。

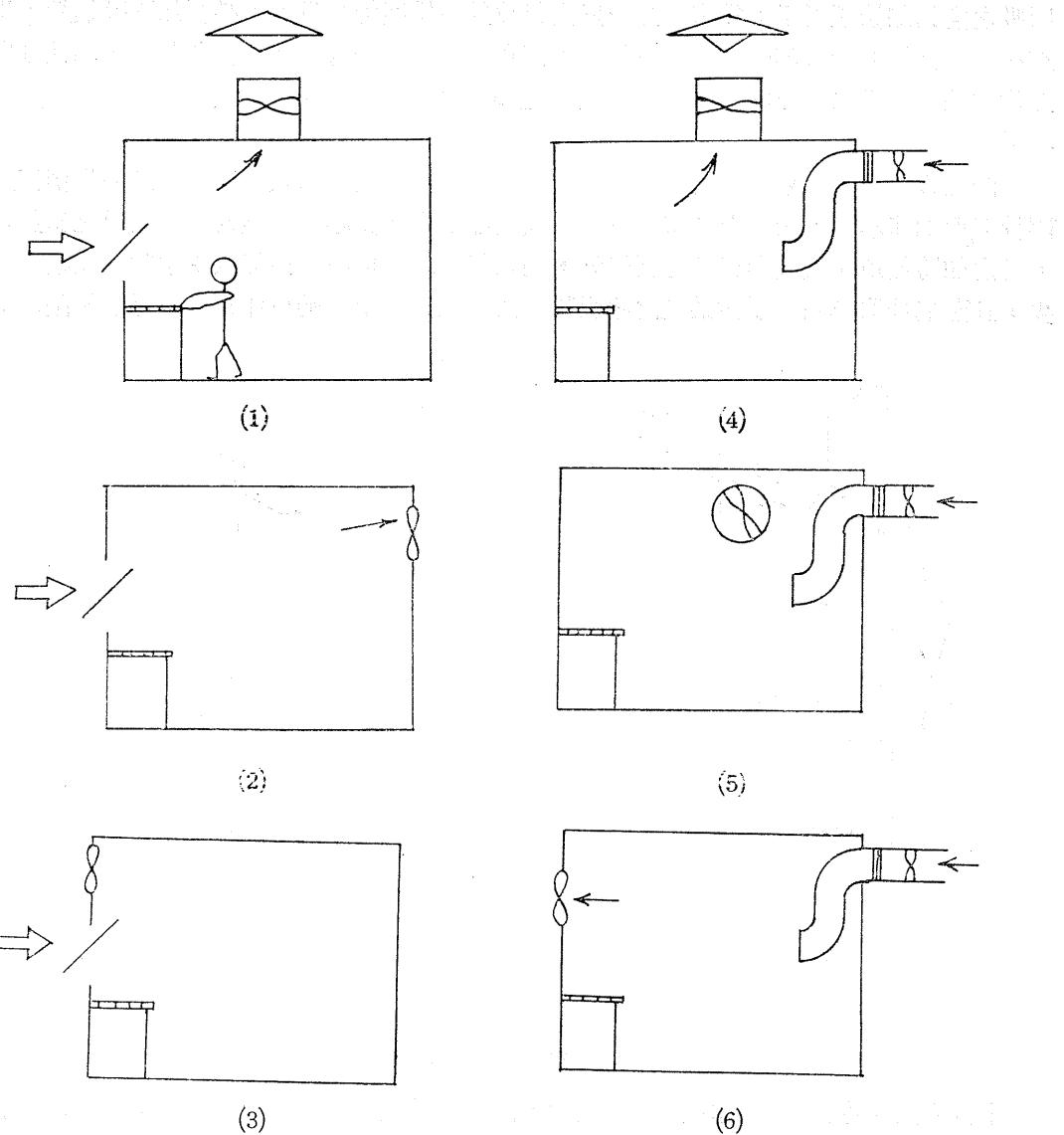


圖六

圖六所示為浸沾式塗料槽之排氣裝置，圖六A將抽氣孔裝於近地板處，因為認為有機氣體比重較空氣大，必沉至地面，故吸氣效率較高，其實似是而非。因有機溶劑之蒸氣如非已與空氣混合則根本不會沉降。故此種裝置僅能防火，而空氣中所含之有機溶劑對健康危害之濃度遠較可燃之濃度為低，所以對作業員暴露量之減低可說完全無效。反之如將抽氣裝置改為B式，裝於槽上而採裂縫式型態，則抽氣口近污染源，抽氣速度高（因係裂縫式）則槽面之蒸氣可全部被控制。

圖七，所示是實驗室中換氣裝置常犯之錯誤，其原因只因未考慮氣流方向所致，如將出入風口位置稍改，則其效果可以大大增加，例如：

- (1)進氣口位置不良，氣流將污染吹入作業員之呼吸帶，抽風口太遠，不能有效抽出污染物，且對全室空氣之流通亦造成短路。
- (2)與(1)之情形類似，唯對空氣循環較好。
- (3)之排氣口雖接近污染源，但被入風口擾亂，且形成短路。



圖

七

(4)之排氣口與(1)有同樣之缺點，但入氣口則甚合理，因進入之新鮮空氣可選供作業員吸用。

(5)較(4)稍好但仍存相似之缺點。

(6)抽氣口靠近污染源能有效控制污染，入氣口位置與抽氣口恰成一推一拉的情形，使氣流順暢，增加效果。

五、結論

要有效防治公害，必須先從工業污染控制做起，無論是環境污染，還是工業污染都是一個科學問題！一個工程問題！所以一定要用工程的方法來解決。

我希望不讓外行來領導內行。

不要造成 malpractice。

不要捕風捉影，造成社會的恐懼。

工業災害及污染控制不是某一類人的責任，而是全民的責任！也不是政府、工業界，或勞工所可以單獨解決，必須合全體的力量，及共同努力，才能成功！要合理經濟的解決污染（災害）問題，必須：

1. 工業界的自覺：

- 自律。
- 參與法令的制定。
- 參與評估方法的研討。
——對不合理的法令挑戰。
不正確的評估

這樣才能發揮內行的作用。

2. 政府法令的制訂，必須達到：

- 可行性。
- 普遍性。
- 全面性。
- 有效性——令出必行。

法令的制定必須有充分的學術根據，及對現況的了解，不能人云亦云隨便抄襲，並應作適當的宣導。須作事前評估，如不能制成有效的法律，則寧可暫缺。

3. 學術界的參與：

- 合理法令的制訂對

{	毒性的測定	}
{	對人體的影響	}
{	控制法的評估	}

予以學理上的支援
- 正確科學知識的傳播：不便以訛傳訛，徒增社會困擾。
- 制訂量度的方法：協助評估，確定其可靠性及法律上的根據。
- 污染控制的指導：研究、發展在物料、程序、操作上提供正確有效的控制方法。

文 獻 索 引

(1)各業勞工因工災害統計概要中華民國內政部七十二年編制

(2)如上

(3)如上

(4)中華民國七十年勞工檢查及安全衛生年報內政部編印七十一

(5)同上。

(6)臺閩地區勞工保險統計臺閩地區勞工保險局編印七十一年

(7)Essential Statistics on Taiwan ROC. 中華民國行政院經建會編印

(8)Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice 14th Edition.由
American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 1976